

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-91965

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.⁶
 G 1 1 B 7/00
 20/14 3 4 1
 20/18 5 3 4
 5 7 2

F I
 G 1 1 B 7/00 T
 20/14 3 4 1 B
 20/18 5 3 4 A
 5 7 2 C
 5 7 2 F

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平8-245288

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月17日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 田口 雅一

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 松浦 道雄

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

最終頁に続く

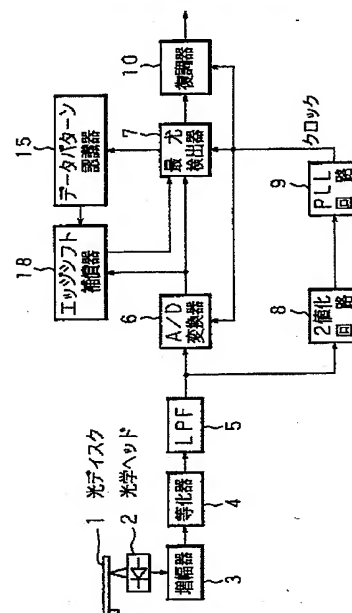
(54) 【発明の名称】 データ再生装置

(57) 【要約】

【課題】 定常的なエッジシフトと記録パターンに依存するエッジシフトとを再生時に補償する最尤検出系を有する光ディスクのデータ再生装置を提供する。

【解決手段】 光ディスク1の記録時に補償しきれなかったエッジシフトを、再生時に記録データパターンを認識しながら最尤検出のブランチメトリック計算における期待値を制御することにより補償する。光ディスク1のVFO領域に対する再生信号に基づいてそのエッジシフト量を計測し、その計測値に応じてブランチメトリック計算における最適な期待値を示す期待値補償テーブルを予め選択しておく。そして、光ディスク1のデータ領域の記録データパターンを認識し、選択した期待値補償テーブルを参照して認識した記録データパターンに応じた最適な期待値を決定し、その最適な期待値を用いてブランチメトリック計算を行う。

本発明の実施の形態の構成図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ディスクにエッジポジション記録されたデータを再生するデータ再生装置において、前記光ディスクから再生波形を得る手段と、得られた再生波形をデジタル値に変換する手段と、変換したデジタル値に基づいて最尤検出によりデータを検出する手段と、記録されているデータパターンを認識する認識手段と、該認識手段の認識結果に応じてエッジシフトを補償する補償手段とを備えることを特徴とするデータ再生装置。

【請求項2】 前記補償手段は、エッジシフトを補償するための値を示した複数のテーブルを格納する手段と、エッジポジション記録された所定データの再生波形のデジタル値に基づいて、前記複数のテーブルから1つのテーブルを選択する手段と、選択したテーブルを参照してエッジシフトを補償する手段とを有することを特徴とする請求項1記載のデータ再生装置。

【請求項3】 前記複数のテーブルは、最尤検出のブランチメトリック計算における期待値の補償量を示すテーブルであることを特徴とする請求項2記載のデータ再生装置。

【請求項4】 前記認識手段は、最尤検出のACS出力を用いてデータパターンを認識する手段を有することを特徴とする請求項1～3の何れかに記載のデータ再生装置。

【請求項5】 前記認識手段は、最尤検出のバスメモリにおけるデータを用いてデータパターンを認識する手段を有することを特徴とする請求項1～3の何れかに記載のデータ再生装置。

【請求項6】 前記補償手段は、最尤検出のブランチメトリック計算における期待値を設定してエッジシフトを補償する手段を有することを特徴とする請求項1, 2, 4または5記載のデータ再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクのデータを再生するデータ再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】近年、コンピュータの外部記憶媒体として、光ディスクが脚光を浴びており、光ディスクは、急速に発展するマルチメディアの中で増加するデータを格納しておくメモリの中心的存在として位置付けられており、その大容量化の要望が高まっている。光ディスクの記録方式には、書き込んだ記録ビットの中央に記録データに対応させるビットポジション記録方式と、記録ビットの両端に記録データに対応させるエッジポジション記録方式とがある。エッジポジション記録方式では、記録ビットの大きさが同じ場合でも、ビットポジション記録方式に比べて、トラック方向の記録密度を1.5倍程度に高めることができ、大容量化つまり記録密度の向上を図る記録方式としてエ

ジポジション記録方式が注目を浴びている。

【0003】図21は、このビットポジション記録方式及びエッジポジション記録方式における記録データと光ディスクのトラック上に形成される記録ビットとの関係を示す図である。図21(a)はビットポジション記録方式の例、図21(b)はエッジポジション記録方式の例をそれぞれ示す。記録データに応じてレーザダイオードの点灯、消灯を制御して点灯させた位置に記録ビットが形成される。

【0004】書換え可能な光ディスクは、熱記録であるので、記録時の環境温度及び記録パワーの違いによって記録ビットの長さが変化する。この変化をエッジシフトと呼ぶ。具体的には、図21に示すように、記録時の環境温度が最適温度より高くなると、記録ビットが長くなる。ビットポジション記録方式では、記録ビットの長さが少し程度変化しても大きな問題ではないが、高密度化技術の1つであるエッジポジション記録方式におけるエッジシフトは、データ再生時の位相マージンを減少させ、再生エラーの原因となる。例えば、記録時の環境温度が高いと記録ビットは長くなり、前エッジ（立ち上がりエッジ）と後エッジ（立ち下がりエッジ）とを交互に検出すると、検出した後エッジ位置が理想的な後エッジ位置よりも遅れるためエラーとなる問題が発生する。

【0005】このようなエッジポジション記録方式におけるデータ再生時の問題を解決する再生方式として、前後エッジ独立検出方式が提案されている（特開昭61-214278号公報）。この検出方式は、再生波形の立ち上がり部分及び立ち下がり部分は同じ形（関数）で表されるといふ事に基づいており、再生波形の前エッジ及び後エッジに対応した信号をそれぞれ独立に検出し、これらのそれぞれの信号から独立にタイミングクロックの再生及び該タイミングクロックによるデータ再生を行う方式である。

【0006】図22は、この前後エッジ独立検出方式を実施する装置の構成図である。図22において、51は光ディスクである。光ディスク51の下方には、光ディスク51の記録データに対応した再生信号を得る光学ヘッド52が設けられており、光学ヘッド52は、再生信号を増幅器53へ出力する。増幅器53は入力された再生信号を増幅して波形等化器54へ出力する。波形等化器54は、増幅された再生信号の波形を整形してエッジ検出器55に供給する。エッジ検出器55は、整形後の再生信号から前エッジと後エッジとをそれぞれ独立して検出し、検出した前エッジデータを弁別器56aとPLL回路57aとへ出力し、検出した後エッジデータを弁別器56bとPLL回路57bとへ出力する。

【0007】各PLL回路57a, 57bは、それぞれ立ち上がりタイミング、立ち下がりタイミングに対応した連続クロックを再生して対応する弁別器56a, 56bへそれぞれ出力する。弁別器56aは、PLL回路57aで再生された

前エッジに同期したクロックの各タイミングにおいてデータ弁別を行い、弁別器56bは、PLL回路57bで再生された後エッジに同期したクロックの各タイミングにおいてデータ弁別を行い、弁別データ及びクロックをそれぞれ合成器58へ出力する。合成器58は、入力された弁別データ及びクロックをそれぞれ合成して復調器59へ出力する。復調器59は、入力されるデータ系列から最終的なデータを復調する。

【0008】次に、動作について説明する。光学ヘッド52にて光ディスク51から得られた再生信号は、増幅器53、波形等化器54を通して、エッジ検出器55に供給される。エッジ検出器55では、2階微分方式またはスライス方式によって前エッジと後エッジとが独立して検出される。検出した前エッジデータは、PLL回路57aからの前エッジに同期したクロックで弁別器56aにてデータ弁別され、検出した後エッジデータは、PLL回路57bからの後エッジに同期したクロックで弁別器56bにてデータ弁別される。弁別されたそれぞれのデータは、合成器58によって合成された後、復調器59において復調されて、最終的なデータが得られる。

【0009】上述したような前後エッジ独立検出方式によれば、立ち上がりエッジパルスと立ち下がりエッジパルスとを別々に処理するので、記録ビットの長さに変化しても、各々のエッジパルスの変化の様子は、連続した記録データについて同一であると見なせるため、記録ビットの長さの変動の影響を受けずに、つまり定常的なエッジシフトを補償してデータ再生することができる。しかしながら、記録パターンに依存するエッジシフトに対しては効果がない。

【0010】記録パターンに依存するエッジシフトについては、従来から記録時に補償することが前提であり、その記録補償方式については幾つかの手法が開示されている（特開平5-290437号公報等）。ところが、今後更なる高密度化を図るために記録ビットが小さくなると、チャネルクロックに対するエッジシフトの割合が増加する。従って、記録補償の残差の影響を無視できなくなるという問題がある。

【0011】ところで、上述したような前後エッジ独立検出方式では、より高密度化された信号を検出する場合、C/N(S/N)が悪くなり、エッジ検出器55で使われる2階微分方式またはスライス方式では正しく検出できなくなるという問題がある。この問題を解決する再生方式として、PRML(Partial Response Maximum Likelihood)というデータの再生技術が検討されている（特開平8-87828号公報等）。

【0012】このPRML再生技術は、パーシャルレスポンス特性にて変調記録された情報を最尤復号(ビタビ復号)法を用いて復調する技術である。まず、記録データに走長制限を加えパーシャルレスポンス特性に応じて変調した信号を光ディスクに記録しておき、光ディスク

から得られた再生信号をアナログ/デジタル(A/D)変換器によってサンプリングし、そのサンプリング値から最も確からしい(最尤)信号状態の遷移を所定のアルゴリズムに従って確定し、その確定された信号状態の遷移に基づいて再生データを生成する。

【0013】図23は、PRMLの再生系の構成を示す図である。図23において、1は光ディスクであり、光ディスク1の下方には、光ディスク1の記録データに対応した再生信号を得る光学ヘッド2が設けられており、光学ヘッド2は、再生信号を増幅器3へ出力する。増幅器3は入力された再生信号を増幅して等化器4へ出力する。等化器4は、増幅された再生信号の波形を整形してローパスフィルタ(LPF)5に供給する。LPF5は、所定周波数以上の高周波成分を遮断して、低周波域の再生信号を前エッジ用のA/D変換器6aと後エッジ用のA/D変換器6bと2値化回路8とへ出力する。各A/D変換器6a, 6bは、整形された再生信号をサンプリングしそのサンプリング値を、前エッジ用の最尤検出器7a, 後エッジ用の最尤検出器7bへそれぞれ出力する。各最尤検出器7a, 7bは、再生信号のサンプリング値に基づいて、前エッジ用、後エッジ用の最尤復号信号をそれぞれ生成し、合成器10へ出力する。

【0014】一方、2値化回路8は、整形された再生信号を所定のスライスレベルを用いて2値化信号に変換し、前エッジと後エッジとに分けて、それぞれを前エッジ用のPLL回路9aと後エッジ用のPLL回路9bとへ出力する。各PLL回路9a, 9bは、この2値化信号に基づいて再生信号に同期したタイミングクロックを生成して、対応する各A/D変換器6a, 6b及び各最尤検出器7a, 7bと合成器10とへ出力する。各A/D変換器6a, 6bは、このタイミングクロックに同期してサンプリング処理を行い、各最尤検出器7a, 7bも、このタイミングクロックに同期して最尤復号信号を生成する。合成器10は、生成された前エッジ最尤復号信号と後エッジ最尤復号信号とを合成すると共に、生成された前エッジタイミングクロックと後エッジタイミングクロックとを合成して、復調器11へ出力する。復調器11は、その合成復号信号を復調して最終的な再生データを得る。

【0015】次に、動作について説明する。光学ヘッド2にて光ディスク1から得られた最尤検出に対応したパーシャルレスポンス特性の再生信号が、増幅器3、等化器4、LPF5を経由して、A/D変換器6a, 6bと2値化回路8とに供給される。2値化回路8から、前エッジと後エッジとに分けて2値化信号がそれぞれのPLL回路9a, 9bに供給される。それぞれの2値化信号に同期したタイミングクロックが各PLL回路9a, 9bから、各A/D変換器6a, 6bと各最尤検出器7a, 7bとに供給される。そして、このタイミングクロックを基準にして、各A/D変換器6a, 6bと各最尤検出器7a, 7bとは動作する。各A/D変換器6a, 6bにてサンプリング値が得ら

れ、各最尤検出器7a, 7bにて、そのサンプリング値から最尤信号状態の遷移が所定のアルゴリズムに従って確定され、その確定された信号状態の遷移に基づいて、記録信号と同等の前エッジ最尤復号信号、後エッジ最尤復号信号が得られる。得られた前エッジ最尤復号信号及び後エッジ最尤復号信号は、合成器10によって合成された後、復調器11において復調されて、最終的な再生データが得られる。

【0016】ところで、上述したPRMLの再生系の各PLL回路9a, 9bにて生成されるタイミングクロックの周波数は、現在市販されている光ディスク装置では20MHz程度であるが、更なる高密度記録を実現するための次世代における再生系では、その倍以上の周波数が必要となる。この場合、高速かつ高ビット数のA/D変換器は高価であるため、図23に示すように2個のA/D変換器を導入することは非常にコストアップになるという問題がある。また、前述した従来の前後エッジ独立検出方式と同様に、記録パターンに依存するエッジシフトの記録補償残差を補償できないという問題がある。また、より検出能力が高いPRMLは拘束長が長くなって回路規模が増加するため、前後エッジ独立検出のために2系統の最尤検出回路を有することは、回路規模が2倍となって実用化が難しいという問題がある。

【0017】本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、定常的なエッジシフトと記録パターンに依存するエッジシフトとを再生時に補償できるビタビ検出系を有する光ディスクのデータ再生装置を提供することを目的とする。

【0018】本発明の他の目的は、1個のA/D変換器を用いるだけで、エッジシフトを補償できる光ディスクのデータ再生装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1に係るデータ再生装置は、光ディスクにエッジポジション記録されたデータを再生するデータ再生装置において、前記光ディスクから再生波形を得る手段と、得られた再生波形をデジタル値に変換する手段と、変換したデジタル値に基づいて最尤検出によりデータを検出する手段と、記録されているデータパターンを認識する認識手段と、該認識手段の認識結果に応じてエッジシフトを補償する補償手段とを備えることを特徴とする。

【0020】請求項2に係るデータ再生装置は、請求項1において、前記補償手段は、エッジシフトを補償するための値を示した複数のテーブルを格納する手段と、エッジポジション記録された所定データの再生波形のデジタル値に基づいて、前記複数のテーブルから1つのテーブルを選択する手段と、選択したテーブルを参照してエッジシフトを補償する手段とを有することを特徴とする。

【0021】請求項3に係るデータ再生装置は、請求項

2において、前記複数のテーブルは、最尤検出のブランチメトリック計算における期待値の補償量を示すテーブルであることを特徴とする。

【0022】請求項4に係るデータ再生装置は、請求項1～3の何れかにおいて、前記認識手段は、最尤検出のACS出力を用いてデータパターンを認識する手段を有することを特徴とする。

【0023】請求項5に係るデータ再生装置は、請求項1～3の何れかにおいて、前記認識手段は、最尤検出のバスマメモリにおけるデータを用いてデータパターンを認識する手段を有することを特徴とする。

【0024】請求項6に係るデータ再生装置は、請求項1, 2, 4, 5の何れかにおいて、前記補償手段は、最尤検出のブランチメトリック計算における期待値を設定してエッジシフトを補償する手段を有することを特徴とする。

【0025】本発明は、光ディスクの記録時に補償しきれなかったエッジシフトを、最尤復号方式を用いた再生時に記録データパターンを認識しながら補償する。この際、最尤検出のブランチメトリック計算における期待値を制御して、エッジシフトの補償を行う。例えば、この期待値の補償量を記録データパターン毎に設定した複数の期待値補償テーブルを準備しておき、その中から最適な期待値補償テーブルを選択し、選択したその期待値補償テーブルを参照して記録データパターン毎に期待値を決定する。

【0026】光ディスクのデータ領域以前に記録されているVFO領域、SYNC領域等における所定データを最尤検出によって検出し、その検出データに基づいてエッジシフト量を計算し、計算したエッジシフト量に最も近似する期待値補償テーブルを最適なものとして選択する。光ディスクのデータ領域に対するデータ検出処理では、ACSの出力(バスマトリック)またはバスマメモリ内のパターンを用いて記録データパターンを認識し、選択した期待値テーブルを参照して記録データパターンに応じた期待値を決定し、決定した期待値をブランチメトリック計算に用いて、最尤検出を実施する。

【0027】本発明では、セクタ毎に、定常的なエッジシフトと記録パターンに依存した記録補償残差に伴うエッジシフトとを共に補償できるため、記録マージン及び再生マージンが増加する。また、拘束長が大きく検出能力が高いPRML方式を導入しても、前後エッジの両方の系統を持つ必要がなく、1系統で構成できるため、回路構成が簡単になり、低コスト、小型化、省電力化しやすい。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明をその実施の形態を示す図面を参照して具体的に説明する。

【0029】図1は、本発明の実施の形態の一例を示す構成図である。なお、各動作処理は前エッジに同期する

ものとして説明する。図1において、1は光ディスクであり、光ディスク1の下方には、光ディスク1の記録データに対応した再生信号を得る光学ヘッド2が設けられており、光学ヘッド2は、再生信号を増幅器3へ出力する。増幅器3は入力された再生信号を増幅して等化器4へ出力する。等化器4は、増幅された再生信号の波形を整形してローパスフィルタ(LPF)5に供給する。LPF5は、所定周波数以上の高周波成分を遮断して、低周波域の再生信号をA/D変換器6と2値化回路8とへ出力する。

【0030】A/D変換器6は、整形された再生信号をサンプリングし、そのサンプリング値を最尤検出器7とエッジシフト補償器18とへ出力する。最尤検出器7は、再生信号のサンプリング値に基づいて、エッジシフトを補償しながら最尤復号信号を生成して、復調器10とデータパターン認識器15とへ出力する。復調器10は、その最尤復号信号を復調して最終的な再生データを得る。データパターン認識器15は、記録されているデータパターン(スペース間隔及びマーク長)を認識してエッジシフト補償器18へ出力する。エッジシフト補償器18は、最尤検出器7での最尤検出処理におけるエッジシフトを補償する。

【0031】2値化回路8は、整形された再生信号を所定のスライスレベルを用いて2値化信号に変換し、その2値化信号を前エッジと後エッジとに分け、前エッジ信号に同期するので、前エッジの2値化信号をPLL回路9へ出力する。PLL回路9は、この2値化信号に基づいて前エッジに同期したクロック信号を生成して、A/D変換器6、最尤検出器7及び復調器10へ出力する。A/D変換器6、最尤検出器7及び復調器10は、PLL回路9からのこのクロック信号に同期して動作する。

【0032】次に、動作について説明する。光学ヘッド2からの再生信号は、増幅器3、等化器4、LPF5を経由して最尤検出(ビタビ検出)に対応したパルシャルレスポンス(PR)の信号に等化され、A/D変換器6と2値化回路8とに供給される。2値化回路8では、前エッジ2値化信号と後エッジ2値化信号とに分けられ、その前エッジ2値化信号がPLL回路9に供給される。PLL回路9から、前エッジに同期したクロック信号がA/D変換器6、最尤検出器7及び復調器10へ供給され、そのクロック信号を基準にして、A/D変換器6、最尤検出器7及び復調器10は動作する。

【0033】A/D変換器6にて、再生信号がサンプリングされて、そのサンプリング値が最尤検出器7へ出力される。最尤検出器7では、再生信号のサンプリング値に基づいて最尤復号信号が生成されて、復調器10へ出力される。そして、復調器10で、その最尤復号信号を復調して最終的な再生データが得られる。

【0034】ところで、A/D変換器6は前エッジに同期したクロックで動作するため、前エッジに関しては正

しいサンプリング値が得られる。しかし、後エッジは、エッジシフトを含むためサンプリング値は理想的なパルシャルレスポンスからずれる。そこで、本発明では、以下に述べるような最尤検出器7、データパターン認識器15及びエッジシフト補償器18での処理により、このようなエッジシフトを補償する。

【0035】図2は、最尤検出器7及びエッジシフト補償器18の内部構成を示す図である。最尤検出器7は、A/D変換器6からのサンプリング値に基づいてブランチメトリックを計算するブランチメトリック計算器11と、ブランチメトリックを用いてバスメトリックを求めるACS(Add-Compare-Select)12と、求めたバスメトリックを記憶しておくバスメトリックメモリ13と、選択したバスに対応したデータを蓄えておくバスメトリックメモリ14とを有する。データパターン認識器15は、ACS12の出力に基づいて記録データパターン(スペース間隔及びマーク長)を認識する。エッジシフト補償器18は、ブランチメトリック計算における期待値の補償量を設定している複数の期待値補償テーブルから1つの期待値補償テーブルを選択すると共に、記録データパターンに基づいて期待値を決定する期待値決定器16と、光ディスク1のVFO領域における再生信号のサンプリング値に基づいてエッジシフトを計測するエッジシフト計測器17とを有する。

【0036】以下、最尤検出器7、データパターン認識器15及びエッジシフト補償器18での詳細な動作(最尤(ビタビ)検出)について説明する。なお、以下の説明では、1/7変調符号の特徴(NRZI表現でデータ“1”または“0”が最低2個以上連続すること)を取り入れた3値4状態PR(1,1)ML(拘束長3)を用いて説明する。3値4状態PR(1,1)MLの状態の組み合わせを図3に示す。

【0037】経時的に隣合う2つの時刻 $t-1$ 、 t におけるデータ値 a_{t-1} 、 a_t の組み合わせに応じて、4種の状態 $S_0 \sim S_3$ を以下のように設定する。

データ値(a_{t-1} 、 a_t) = (0, 0) : 状態 S_0

データ値(a_{t-1} 、 a_t) = (1, 0) : 状態 S_1

データ値(a_{t-1} 、 a_t) = (0, 1) : 状態 S_2

データ値(a_{t-1} 、 a_t) = (1, 1) : 状態 S_3

このように各状態を設定すると、状態の組み合わせは、図3に示すように6通りとなる。1/7変調であって同じデータ値が少なくとも2個連続しなければならないので、 $S_2 \rightarrow S_1$ 、 $S_1 \rightarrow S_2$ の組み合わせは存在しない。また、各組み合わせにおける期待値 P_i ($= a_t + a_{t-1}$: 理想的なPRが行われた場合の理論的に期待される再生レベル)は、図3に示すように、3種の値0, 1, 2の何れかとなる。図3に示す状態の組み合わせに基づいて状態遷移図を作ると、図4のようになる。

【0038】A/D変換器6からサンプリング値 y_t が図2のブランチメトリック計算器11に送られ、そのサンプリング値 y_t に基づいて、期待値 P_i に対する6通り

のブランチメトリックが計算される。これらの6通りの * は存在しない) は、具体的には最小2乗法的に、以下のブランチメトリック $BM_0 \sim BM_7$ (BM_2 及び BM_5 * 式(1)~(6)に従って求められる。

$$BM_0 = (y_t - P_0)^2 = y_t^2 \quad \dots (1)$$

$$BM_1 = (y_t - P_1)^2 = y_t^2 \quad \dots (2)$$

$$BM_3 = (y_t - P_3)^2 = (y_t - 1)^2 \quad \dots (3)$$

$$BM_4 = (y_t - P_4)^2 = (y_t - 1)^2 \quad \dots (4)$$

$$BM_6 = (y_t - P_6)^2 = (y_t - 2)^2 \quad \dots (5)$$

$$BM_7 = (y_t - P_7)^2 = (y_t - 2)^2 \quad \dots (6)$$

【0039】計算されたブランチメトリックはACS12 ※トリック(ブランチメトリックの積算値) $PM_{(t,0)} \sim PM_{(t,3)}$ が計算される。これらの4種のパスメトリックとパスメトリックメモリ13に記憶されている時刻 $t-1$ のパスメトリックとを用いて、時刻 t の4種のパスメトリックの具体的な計算式を、以下の式(7)~(10)に示す。

$$PM_{(t,0)} = \min (PM_{(t-1,0)} + BM_0, PM_{(t-1,1)} + BM_1) \quad \dots (7)$$

$$PM_{(t,1)} = PM_{(t-1,3)} + BM_3 \quad \dots (8)$$

$$PM_{(t,2)} = PM_{(t-1,0)} + BM_4 \quad \dots (9)$$

$$PM_{(t,3)} = \min (PM_{(t-1,2)} + BM_6, PM_{(t-1,3)} + BM_7) \quad \dots (10)$$

【0040】状態 S_0 へのバスは、図4の状態遷移からわかるように、状態 S_0 からのバスと状態 S_1 からのバスとが考えられる。これらの2つのバスの内で、そのパスメトリックの値が小さい方がバスとしての確率が高いので、式(7)に示すように、時刻 t におけるパスメトリック $PM_{(t,0)}$ としては、小さい方のパスメトリックが選択される。状態 S_1 へのバスは、図4からわかるように、状態 S_3 からのバスに限定されるので、時刻 t におけるパスメトリック $PM_{(t,1)}$ は、式(8)に示すように、 $PM_{(t-1,3)}$ から一義的に計算される。同様に、状態 S_2 へのバスは、図4からわかるように、状態 S_0 ★

★からのバスに限定されるので、時刻 t におけるパスメトリック $PM_{(t,2)}$ は、式(9)に示すように、 $PM_{(t-1,0)}$ から一義的に計算される。一方、状態 S_3 へのバスは、図4からわかるように、状態 S_2 からのバスと状態 S_3 からのバスとが考えられるので、式(10)に示すように、時刻 t におけるパスメトリック $PM_{(t,3)}$ として、小さい方のパスメトリックが選択される。

【0041】次に、マージが発生する場合を考える。 $PM_{(t,0)}$ 及び $PM_{(t,3)}$ における2つの要素の大小関係は、式(7a), (7b)と(10a), (10b)との4つの条件となる。

$$PM_{(t-1,0)} + BM_0 < PM_{(t-1,1)} + BM_1 \quad \dots (7a)$$

$$PM_{(t-1,0)} + BM_0 \geq PM_{(t-1,1)} + BM_1 \quad \dots (7b)$$

$$PM_{(t-1,2)} + BM_6 < PM_{(t-1,3)} + BM_7 \quad \dots (10a)$$

$$PM_{(t-1,2)} + BM_6 \geq PM_{(t-1,3)} + BM_7 \quad \dots (10b)$$

【0042】これらの条件の組み合わせにより発生するマージは、図5に示すように4種類のマージに分類することができる。上述したように、状態 S_1 , S_2 へのバスはそれぞれ一義的に決まるので、状態 S_0 , S_3 に向かうバスの組み合わせに応じて4種類のマージが存在する。条件①は、式(7a)及び(10a)を満たす場合であり、状態 $S_0 \rightarrow S_0$, 状態 $S_2 \rightarrow S_3$ を示す。同様に、条件②は、式(7a)及び(10b)を満たす場合であり、状態 $S_0 \rightarrow S_0$, 状態 $S_3 \rightarrow S_3$ を示し、条件③は、式(7b)及び(10a)を満たす場合であり、状態 $S_1 \rightarrow S_0$, 状態 $S_2 \rightarrow S_3$ を示し、条件④は、式(7b)及び(10b)を満たす場合であり、状態 $S_1 \rightarrow S_0$, 状態 $S_3 \rightarrow S_3$ を示す。また、それぞれの条件において、後述するパスメモリ14の4系統の入力 $D_0 \sim D_3$ に図5に示すデータを供給する。

【0043】上述の4種のマージの組み合わせから少なくとも3つ以上のマージが合わさってバスマージが発生

する。3つのマージから発生するバスマージの組み合わせは、図6に示す8種類となる。図6において●は、どのブランチ(枝)を辿っても必ず到達する過去のデータ値を示す。よって、図6に示すようなマージが発生した場合には、過去のバスはすべて●のデータ値に収束するので、その●のデータ値が確定する。このような確定処理はパスメモリ14で行われ、その確定したデータ値がパスメモリ14で読み出されて出力される。

【0044】図7は、パスメモリ14の構成を示す。パスメモリ14は、4系統($D_0 \sim D_3$)それぞれにおいてシフトレジスタ(SR)21及びセレクトア(Se1.)22を一組としてそれを複数段備えた構成をなす。各シフトレジスタ21はクロック同期で動作するが、シフトレジスタ21の前にはセレクトア22が設けられており、シフトレジスタ21に入るデータが選択されるようになっている。

【0045】各パスメトリックで選択されたデータが $D_0 \sim D_3$ に入力される。その入力データは図5のマージ

の種類に従って決められる。例えば、D3に“1”が入力された場合、図5からS3→S3のパスが確からしいと判断されるため、D3のすべてのシフトレジスタ21は時刻t-1のD3のデータを時刻tのデータとする。逆にD3に“0”が入力された場合、図5からS2→S3のパスが確からしいと判断されるため、D3のすべてのシフトレジスタ21は時刻t-1のD2のデータを時刻tのデータとしてコピーしてくることになる。このような動作を各系統のシフトレジスタ21及びセクタ22は行う。バスマージの発生によって図6に示す●が確定すると、バスメモリ14内の下流側の4系統D0～D3における各シフトレジスタ21は同じデータとなる。

【0046】記録データの組み合わせに対するエッジシフトの例を図8に示す。図8は、1/7変調符号におけるスペース間隔とマーク長との組み合わせに応じた、記録マークの後エッジのシフト量をチャネルクロックで規格化して示している。スペース間隔8Tに続くマーク長2Tの記録マークは熱蓄積が最小になるので、そのエッジシフト量が最小となる。一方、スペース間隔2Tに続くマーク長8Tの記録マークは熱蓄積が最大になるの

で、そのエッジシフト量が最大となる。
【0047】このようなエッジシフト量は、光ディスク1の材料、記録補償方式、LDパワー、環境温度等により決まる。従って、各条件のエッジシフトについて調査すればエッジシフトテーブルを作成することができる。このエッジシフトテーブルを基に作成した、ブランチメトリック計算における種々の条件での期待値の補償量を表す複数種の期待値補償テーブルを図9に示す。図9の期待値補償テーブルには、スペース間隔と記録マーク長との組み合わせにおける期待値の補償量がそれぞれ示されている。このような複数の期待値補償テーブルが予め期待値決定器16に格納されており、これらの中から1つの期待値補償テーブルが選択される。

【0048】期待値補償テーブルの選択について説明する。図10は、光ディスク1の基本的なISO規格の記録フォーマットの簡略図である。各セクタを特定するための情報が記録されているID部に続いて、VFO領域、SYNC領域及びDATA（データ）領域からなるMO部が設けられている。

【0049】図11は、図10中のVFO領域とSYNC領域とにおける記録パターンを示す図である。VFO領域には、パーシャルレスポンス特性に従って変調した最密の連続的な繰り返しパターン（2Tの最密パターン）が*

$$Y1 = (y_{11} + y_{12} + y_{13} + \dots + y_{1n}) / n \quad \dots (11)$$

$$Y2 = (y_{01} + y_{02} + y_{03} + \dots + y_{0n} + y_{21} + y_{22} + y_{23} + \dots + y_{2n}) / 2n \quad \dots (12)$$

$$Y3 = (y_{31} + y_{32} + y_{33} + \dots + y_{3n}) / n \quad \dots (13)$$

【0054】点(X1, Y1)と点(X3, Y3)とを通る直線の式の傾きをaとすると、その傾きaは以下の(14)式※

$$a = (Y1 - Y3) / (X1 - X3) \quad \dots (14)$$

*記録されており、SYNC領域には、データ領域を表す特定のパターンが記録されている。

【0050】このように、VFO領域の記録パターンは2Tの繰り返しパターンであるので、VFO領域ではこの繰り返しパターン（最密パターン）に対応したパルス信号が再生される。図12は、VFO領域における再生信号を示す図である。図12(a)はエッジシフトがない場合を示し、すべて理想点をサンプリングしている。これに対して図12(b)はエッジシフトがある場合を示し、後エッジがシフトすることでサンプリング点がずれている。このずれがエッジシフトに相当する。よって、後エッジサンプリング値に基づいてVFO領域におけるエッジシフト量を計測すれば、再生対象の光ディスク1がどのくらいエッジシフトを持っているかがわかる。VFO領域のタイミングゲートが入力されると、エッジシフト計測器17にてVFO領域におけるエッジシフト量が計測される。

【0051】図13は、エッジシフト計測器17の内部構成を示すブロック図である。エッジシフト計測器17は、後述する各グループのサンプリング時刻X0, X1, X2, X3でA/D変換器6にて得られたサンプリング値y0, y1, y2, y3を格納するシフトレジスタ31と、シフトレジスタ31から最密信号の繰り返しにおけるサンプリング値を入力して後述する各式に従って平均値Y1, Y2, Y3を計算する平均値計算部32と、求められた平均値Y1, Y2, Y3を用いて後述する式に従って定常的なシフト量（以下、定常シフト量という）2×dXを計算する定常シフト量計算部33とを有する。

【0052】次に、エッジシフト計測器17での計測動作の詳細について説明する。図14は、この定常シフト量を求める理論を示す説明図である。VFO領域は最密信号であるので、クロックでサンプリングすると1周期で4個のサンプリング値が得られる。1周期中の4回のサンプリング時刻をそれぞれX0, X1, X2, X3とし、1周期を1グループとして第1グループのサンプリング時刻X0, X1, X2, X3それぞれに対応するサンプリング値をy01, y11, y21, y31とする。また、第2グループのサンプリング値をy02, y12, y22, y32とし、第3グループ以下も同様とする。

【0053】図14において、n個のグループにおけるサンプリング値からサンプリング時刻X1, X2, X3に対するyの平均値Y1, Y2, Y3を求める。具体的には、以下の(11)～(13)式にて平均値Y1, Y2, Y3を計算する。

※で求められる。

傾きがaであって点(X2, Y2)を通る直線のy切片をbとする、そのy切片bは以下の(15)式で求められ *

$$b = Y_2 - a \times X_2 \quad \dots (15)$$

従って、点(X1, Y1), 点(X3, Y3)を通る直線に平行 ※式のように表現される。
 であって点(X2, Y2)を通る直線の式は、以下の(16) ※

$$y = \{ (Y_1 - Y_3) / (X_1 - X_3) \} \times x + \{ Y_2 - \{ (Y_1 - Y_3) / (X_1 - X_3) \} \times X_2 \} \quad \dots (16)$$

【0055】上記(16)式で示される直線及びy = (Y1 + Y3) / 2の直線の交点のx座標と、X2とのずれ量が、★体的には、以下の(17)式にて計算される。そして、両エッジを合わせるとその定常シフト量は2 × dXとな片エッジでの定常シフト量dXとなり、このdXは、具★10る。

$$dX = X_2 - \{ (X_1 - X_3) / (Y_1 - Y_3) \} \times \{ (Y_1 + Y_3 - 2 \times Y_2) / 2 \} \quad \dots (17)$$

【0056】上述した演算において、簡略化のために、☆片bはそれぞれ以下の(18)式のようにになる。
 X1 = -1, X2 = 0, X3 = 1とすると、上記傾きa, y切片☆

$$a = (-Y_1 + Y_3) / 2, \quad b = Y_2 \quad \dots (18)$$

よって、点(X2, Y2)を通る上記(16)式に相当する直線 ◆量2 × dXは以下の(20)式にて計算される。
 線の式は以下の(19)式のように表現され、定常シフト◆

$$y = \{ (-Y_1 + Y_3) / 2 \} \times x + Y_2 \quad \dots (19)$$

$$2 \times dX = 2 \times \{ (Y_1 + Y_3 - 2 \times Y_2) / (-Y_1 + Y_3) \} \quad \dots (20)$$

【0057】図13において、A/D変換器6でサンプリングされたサンプリング値をシフトレジスタ31に蓄え、VFO領域で開いているゲート間で、平均値Y1, Y2, Y3を平均値計算部32にて計算し、定常シフト量計算部33にてこれらの平均値Y1, Y2, Y3により(20)式に従って定常シフト量2 × dXを計算して出力する。

【0058】以上のようにして求めたVFO領域における定常シフト量に基づいて、予め設定されている複数の期待値補償テーブルから1つの期待値補償テーブルを、期待値決定器16で選択する。つまり、図9に示す2Tスペース間隔と2Tマーク長との組み合わせにおける補償量が、計測した定常シフト量に最も近くなるような期待値補償テーブルを選択する。

【0059】なお、SYNC領域での特定の記録パターンを用いて、いくつかの組み合わせについてもシフト量が最も近くなるような期待値補償テーブルを選ぶと、後述するデータ領域でのエッジシフトの補償精度が向上する。

【0060】次に、光ディスク1のデータ領域を再生した場合のエッジシフトの補償処理について説明する。ACS12の出力に基づきデータパターン認識器15にてデータ領域のパターン(スペース間隔及びマーク長)を認識し、選択しておいた期待値補償テーブルを参照して認識したパターンに合った期待値を期待値決定器16で決定して、ブランチメトリック計算器11へ出力する。このようにして、データ領域での期待値補償が行われる。

【0061】図15は、データパターン認識器15の内部構成例を示す図である。データパターン認識器15は、“0”を数える第1カウンタ41とこれに接続されたFF(Flip Flop)42、及び、“1”を数える第2カウンタ43とこれに接続されたFF43からなる回路を、ACS12の

出力D0, D3 毎に、1系統ずつ有している。第1カウンタ41は、“0”を数えることによってスペース間隔を求め、第2カウンタ43は、“1”を数えることによってマーク長を求めるようになっている。

【0062】ACS12からの出力D0, D3 における“0”と“1”とをそれぞれの第1カウンタ41, 第2カウンタ43にて数える。“0”を数えることでスペース間隔が、“1”を数えることでマーク長が判明する。これらスペース間隔とマーク長との組み合わせに応じて、選択済みの期待値補償テーブルに示されている期待値を決定し、ブランチメトリック計算器11での計算にその決定した期待値を使用する。D0 系統の出力に基づいて期待値P0, P1, P2を決定し、D1 系統の出力に基づいて期待値P4, P5, P6を決定する。

【0063】ここで上述したエッジシフト補償を含めた最尤検出の全体処理についてまとめると次のようになる。まず、光ディスク1のVFO領域における再生信号が得られ、そのサンプリング値がエッジシフト計測器17に入力される。エッジシフト計測器17で、上述したような原理により(20)式に基づいてエッジシフト量が計測される。計測されたエッジシフト量が2Tスペース間隔と2Tマーク長との組み合わせにおける補償量に最も近いような期待値補償テーブルが、期待値決定器16で選択される。

【0064】そして、光ディスク1のデータ領域が読み出されると、その再生信号のサンプリング値がブランチメトリック計算器11に入力される。ブランチメトリック計算器11では、ブランチメトリックが計算されてACS12へ出力される。ACS12では、入力されたブランチメトリックとバスメトリックメモリ13から読み出された過去のバスメトリックとに基づいて、現在のバスメトリック

クが求められて、その結果がバスメモリ14及びデータパターン認識器15に入力される。バスメモリ14から確定されたデータ（最尤復号信号）が復調器10へ出力される。データパターン認識器15では、ACS12の出力に基づいて記録データパターンが認識され、その認識結果が期待値決定器16へ出力される。期待値決定器16では、選択しておいた期待値補償テーブルを参照して、認識した記録データパターンに合った期待値が決定されて、ブランチメトリック計算器11へ出力される。そして、この期待値が、ブランチメトリックの計算に使用される。

【0065】本発明の効果例について、図16～図18を参照して説明する。図16は、エッジシフトがない場合の正しいマージ及びバスを示し、図17は、エッジシフトを含んでいる場合のマージ及びバスを示し、図18は、上述したような本発明によるエッジシフト補償を行った場合のマージ及びバスを示している。図16、図17を比べると、 $t=10$ のときにマージが異なり、検出データが誤っていることがわかる。これに対して本発明の補償処理を行っている図18における $t=10$ でのマージは図16の場合と同じとなり、正しく検出できることがわかる。

【0066】なお、上述の例では、データ領域の記録データパターン認識をACS12からの出力に基づいて行ったが、バスメモリ14内のパターンからその記録データパターンを認識することも可能である。図19は、このような例におけるデータパターン認識器の構成を示す概略図である。図19に示すデータパターン認識器は、複数段のセレクト・シフトレジスタ（Sel., SR）51と、7個のand器52と、各and器52の出力パターン（M2～M8）を4ビット（Z出力）にまとめるデータ変換器53と、8個のインバータ器54と、7個のand器55と、各and器55の出力パターン（S2～S8）を4ビット（Y出力）にまとめるデータ変換器56とを有する。

【0067】各and器52の出力M2～M8のデータ値に応じて、図20（a）に示すような対応により、データ変換器53で4ビットのZ出力が得られる。Z出力の最上位ビットが“1”であるとマークを示す。そして、マーク長の2T～8Tは下位の3ビットにて分類されている。一方、各and器55の出力S2～S8のデータ値に応じて、図20（b）に示すような対応により、データ変換器56で4ビットのY出力が得られる。Y出力の最上位ビットが“0”であるとスペースを示す。そして、スペース間隔の2T～8Tの分類は、マーク長と同様に下位の3ビットにて行われている。以上のようにして、マーク長とスペース間隔とを求めることにより、バスメモリ14内に記録データパターンを認識することが可能である。

【0068】また、上述した例では、最適な期待値補償テーブルを選択する構成としたが、図8に示すようなエッジシフト量を示す複数のグラフを予め関数化しておき、それらの関数式から最適なものを選択するようにし

ても同様に行えることは言うまでもない。

【0069】更に、上述した例では、3値4状態のPR（1, 1）MLを用いる場合について説明したが、これは一例であって、PR（1, 2, 1）ML, PR（1, 2, 2, 1）ML, PR（1, 3, 3, 1）ML等、拘束長が長い場合でも同様に本発明を適用できることは勿論である。

【0070】

【発明の効果】以上のように、本発明では、高密度化のため導入されたPRMLシステムにあって、定常的なエッジシフトと記録パターンに依存するエッジシフトとを再生時に補償できる。また、拘束長が大きく検出能力が高いPRML方式を導入しても、前後エッジの両方の系統を持つ必要がなく、1個のA/D変換器を有する1系統で構成できるため、回路構成が簡単になり、低コスト化、小型化、省電力化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の構成図である。

【図2】最尤検出器及びエッジシフト補償器の内部構成図である。

【図3】3値4状態の状態の組み合わせを示す図である。

【図4】3値4状態の状態遷移を示す図である。

【図5】マージの種類を示す図である。

【図6】バスマージの組み合わせを示す図である。

【図7】図2におけるバスメモリの内部構成図である。

【図8】記録データに対するエッジシフト例を示す図である。

【図9】期待値補償テーブルを示す図である。

【図10】光ディスクの記録フォーマットを示す図である。

【図11】ISO規格による光ディスクのVFOパターンとSYNCパターンとを示す図である。

【図12】VFO領域におけるエッジシフトを示す図である。

【図13】図2におけるエッジシフト計測器の内部構成図である。

【図14】エッジシフト計測の原理を説明するための図である。

【図15】データパターン認識器の内部構成図である。

【図16】本発明の効果例（エッジシフトなし）を示す図である。

【図17】本発明の効果例（エッジシフトあり、補償なし）を示す図である。

【図18】本発明の効果例（エッジシフトあり、補償あり）を示す図である。

【図19】データパターン認識器の他の構成例を示す図である。

【図20】図19に示すデータパターン認識器での複数のand器の出力とデータ変換器の出力との関係を示す図

である。

【図21】記録データと記録ビットとエッジシフトとの関係を示す図である。

【図22】従来例（前後エッジ独立検出方式）の構成図である。

【図23】従来例（前後エッジ独立検出対応の最尤検出）の構成図である。

【符号の説明】

- 1 光ディスク
- 2 光学ヘッド
- 3 増幅器
- 4 等化器
- 5 ローパスフィルタ (LPF)

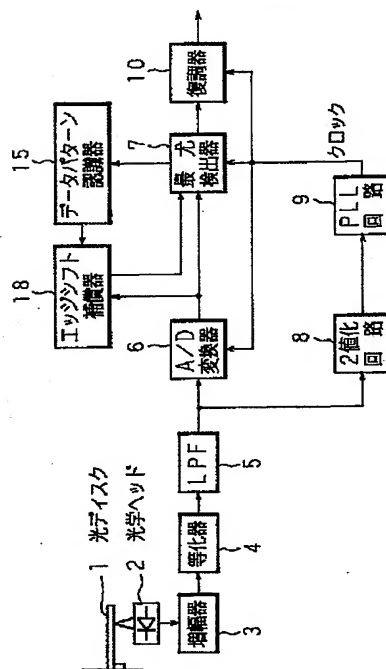
- * 6 A/D変換器
- 7 最尤検出器
- 8 2値化回路
- 9 PLL回路
- 10 復調器
- 11 ブランチメトリック計算器
- 12 A.C.S (Add-Compare-Select)
- 13 バスメトリックメモリ
- 14 バスメモリ
- 10 15 データパターン認識器
- 16 期待値決定器
- 17 エッジシフト計測器
- * 18 エッジシフト補償器

【図1】

【図2】

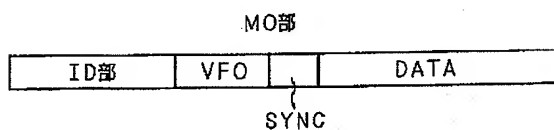
【図5】

本発明の実施の形態の構成図

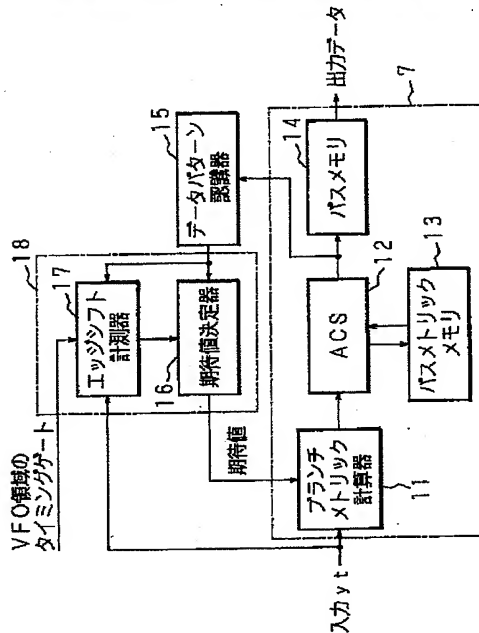


【図10】

光ディスクの記録フォーマットを示す図



最尤検出器及びエッジシフト補償器の内部構成図



マージの種類を示す図

条件	① (7a) バス (10a) xメモリ	② (7a) バス (10b) xメモリ	③ (7b) バス (10a) xメモリ	④ (7b) バス (10b) xメモリ
トレリス	S3 ○ OD3=0 S2 ○ OD2=0 S1 ○ OD1=1 S0 ○ OD0=0	S3 ○ OD3=1 S2 ○ OD2=0 S1 ○ OD1=1 S0 ○ OD0=0	S3 ○ OD3=0 S2 ○ OD2=0 S1 ○ OD1=1 S0 ○ OD0=1	S3 ○ OD3=1 S2 ○ OD2=0 S1 ○ OD1=1 S0 ○ OD0=1

【図3】

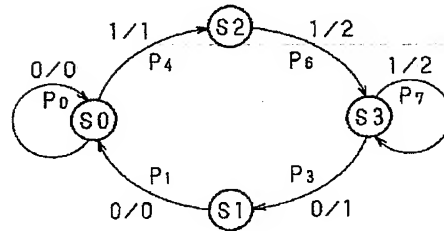
3値4状態の状態の組み合わせを示す図

3値4状態 PR(1,1)

時刻	t-2	t-1	t	期待値 P _h
状態				
S0	0	0	0	P ₀ =0
S1	1	0	0	P ₁ =0
S2	0	1	0	P ₂ =1
S3	1	1	0	P ₃ =1
S0	0	0	1	P ₄ =1
S1	1	0	1	P ₅ =2
S2	0	1	1	P ₆ =2
S3	1	1	1	P ₇ =2

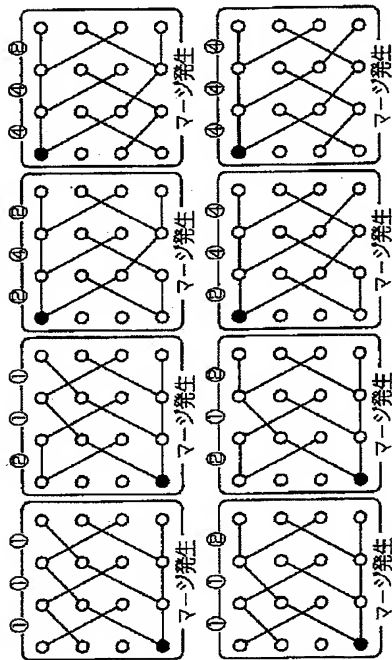
【図4】

3値4状態の状態遷移を示す図

データ値 a_t / 期待値 P_h

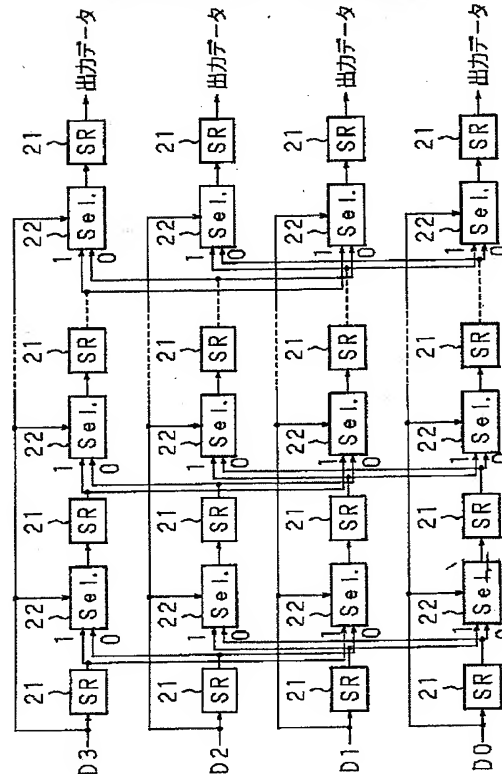
【図6】

バスマージの組み合わせを示す図



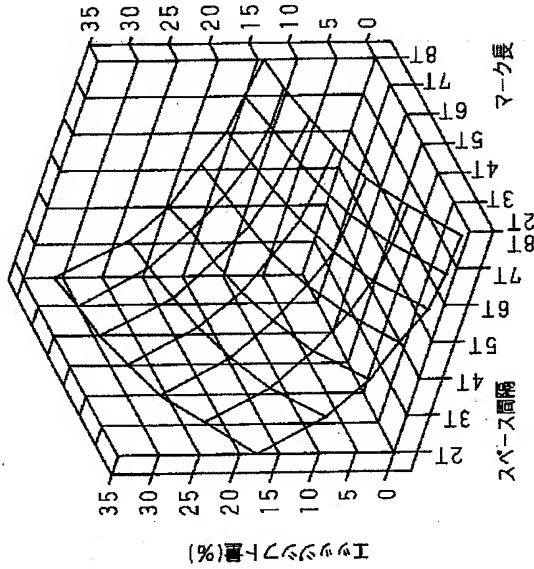
【図7】

図2におけるバスメモリの内部構成図



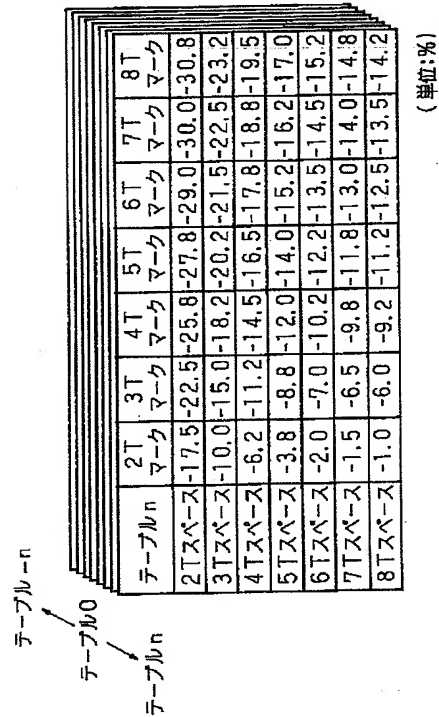
【図8】

記録データに対するエッジシフト例を示す図

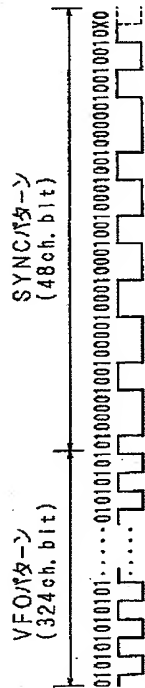


【図9】

期待値補償テーブルを示す図

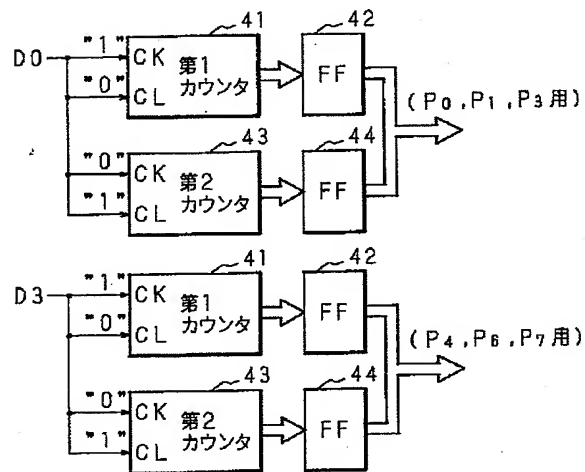


【図11】

ISO規格による光ディスクの
VFOパターンとSYNCパターンとを示す図

【図15】

データパターン認識器の内部構成図



【圖 13】

図2におけるエッジシフト計測器の内部構成図

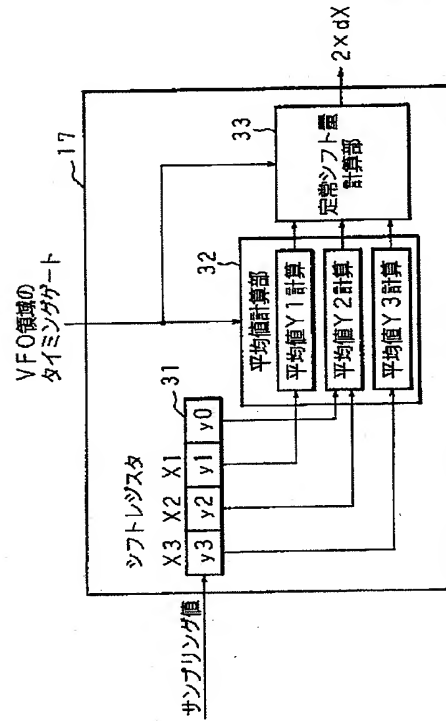
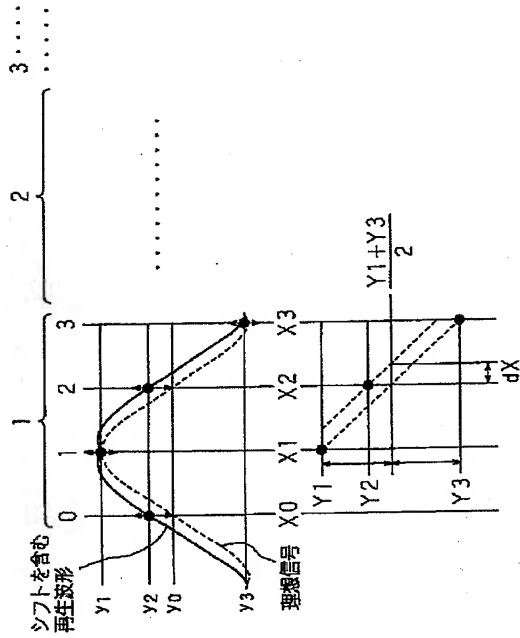


図19に示すデータパターン認識器での複数のand器の出力とデータ変換器の出力との関係を示す図

[illegible][illegible]

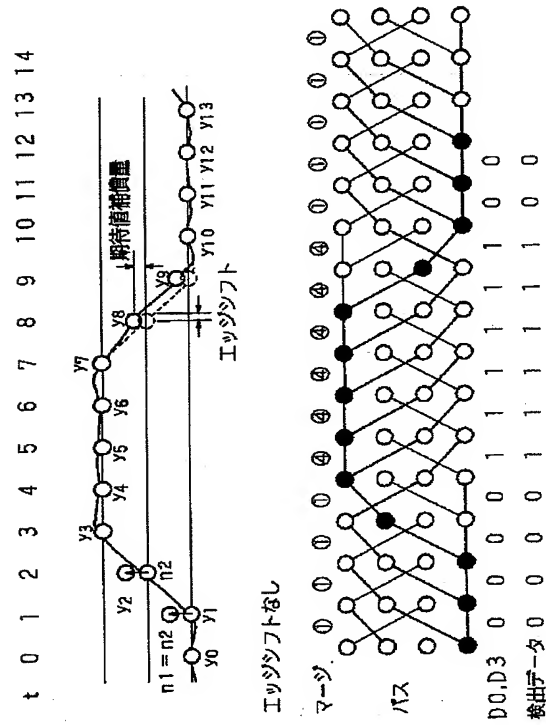
【図14】

エッジシフト計測の原理を説明するための図



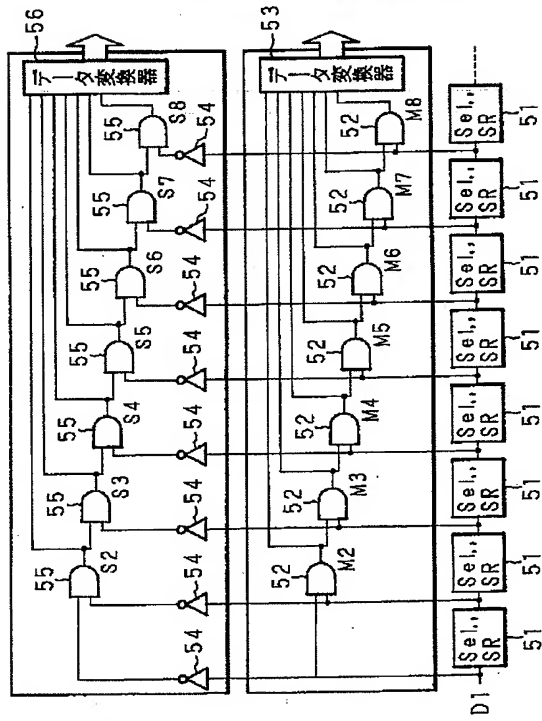
【図16】

本発明の効果例(エッジシフトなし)を示す図



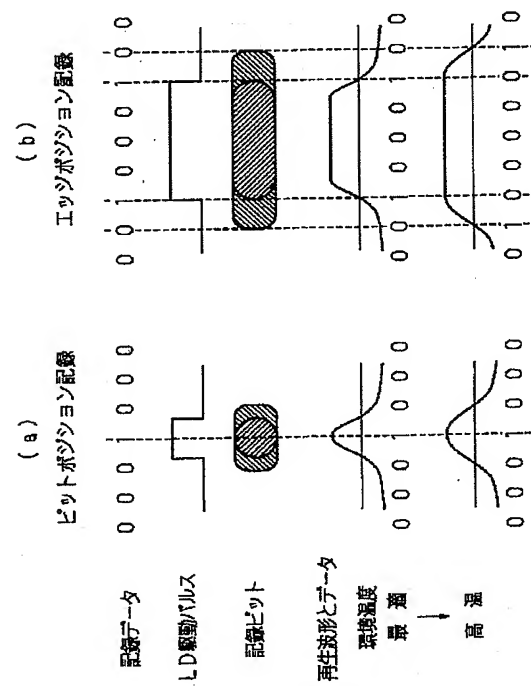
【図19】

データパターン認識器の他の構成例を示す図



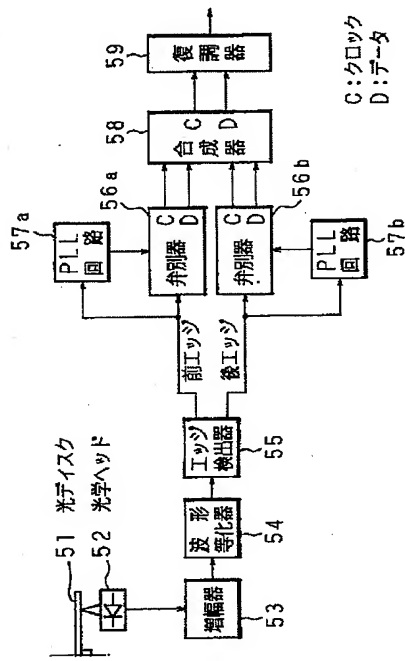
【図21】

記録データと記録ビットとエッジシフトとの関係を示す図



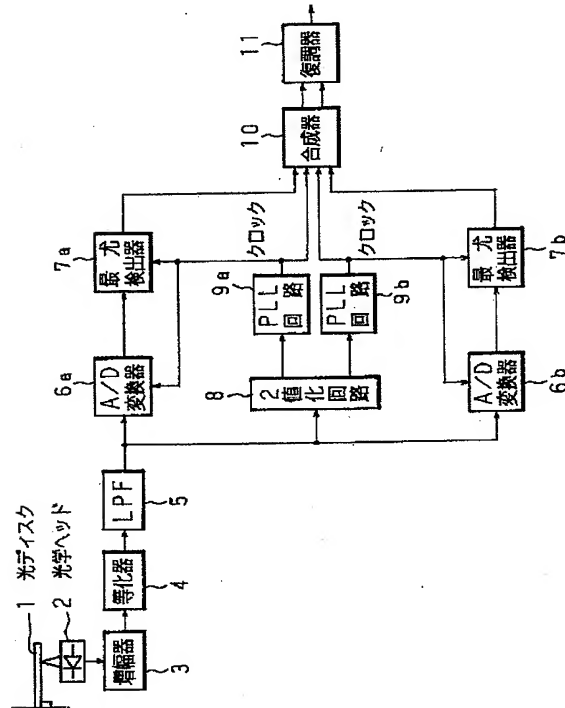
【図22】

従来例（前後エッジ独立検出方式）の構成図



【図23】

従来例（前後エッジ独立検出対応の最尤検出）の構成図



フロントページの続き

(72)発明者 藤田 芳英
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 板倉 昭宏
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内